



PERTANIAN ORGANIK DENGAN AGROFORESTRI: STRATEGI PENGELOLAAN LAHAN GAMBUT YANG RAMAH LINGKUNGAN DAN BERDAYA SAING

Integration of Organic Farming with Agroforestry: Strategies for Environmentally Friendly and Competitive Peatland Management

**Muhamad Noor Azizu^{1*}, Rabbirl Yarham Mahardika¹, Dendy Detafiano Prakasa Afner¹,
Trisna Al Hadji², Nur Indah Sari², Apritama Adha³, Arman Nur Iksan⁴**

¹Program Studi Ilmu Tanah Universitas Tanjungpura, ²Program Studi Agribisnis Universitas Tanjungpura, ³Program Studi Peternakan Universitas Tanjungpura, ⁴Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan Universitas Tanjungpura

Jalan Jenderal Ahmad Yani, Pontianak Tenggara, Pontianak, Kalimantan Barat

*Alamat Korespondensi : mnoorazizu@faperta.untan.ac.id

(Tanggal Submission: 15 September 2025, Tanggal Accepted : 25 Oktober 2025)

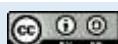


Kata Kunci :

*Organik,
Integrasi,
Agroforestri,
KTH, Gambut*

Abstrak :

Pengelolaan lahan gambut secara intensif dengan pupuk kimia dalam jangka panjang berpotensi menurunkan kesuburan tanah, mempercepat laju subsiden, dan meningkatkan kerentanan ekosistem terhadap kebakaran. Penerapan pertanian organik berbasis agroforestri menjadi alternatif strategis karena mampu memperbaiki kualitas tanah sekaligus menjaga keseimbangan ekologi. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan di Kabupaten Kubu Raya, Kalimantan Barat, dengan melibatkan kelompok tani sebagai mitra utama. Metode pelaksanaan meliputi sosialisasi, survei ketersediaan bahan baku pupuk organik, pelatihan pengolahan kotoran kambing dan limbah budidaya lele sebagai pupuk organik padat maupun cair, serta penerapan sistem agroforestri yang mengombinasikan tanaman tahunan dan semusim di lahan gambut. Data dikumpulkan melalui observasi partisipatif, wawancara terstruktur, serta analisis deskriptif kualitatif terhadap capaian kegiatan. Hasil menunjukkan bahwa integrasi pupuk organik dengan sistem agroforestri mampu meningkatkan pemahaman petani mengenai pentingnya pengelolaan hara berkelanjutan di lahan gambut. Pupuk organik dari kotoran kambing memiliki kandungan nitrogen, fosfor, dan kalium relatif tinggi, sedangkan air kolam lele efektif digunakan sebagai pupuk cair yang mudah diaplikasikan. Kombinasi tanaman tahunan dan semusim dalam agroforestri memperlihatkan hubungan komplementer, baik dari aspek ekologi maupun ekonomi. Kegiatan ini menyimpulkan bahwa sistem pertanian organik berbasis agroforestri di



lahan gambut layak dikembangkan karena terbukti memperbaiki kualitas tanah, meningkatkan produktivitas, serta memperkuat daya saing hasil pertanian organik. Disarankan adanya penguatan kapasitas petani melalui pelatihan berkelanjutan, dukungan sarana pengolahan pupuk organik.

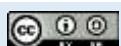
Key word :	Abstract :
<i>Organic, Integration, Agroforestry, KTH, Peat Soil</i>	<p>Intensive management of peatlands with chemical fertilizers over the long term has the potential to reduce soil fertility, accelerate the rate of subsidence, and increase the vulnerability of ecosystems to fires. The application of agroforestry-based organic farming is a strategic alternative because it can improve soil quality while maintaining ecological balance. This community service activity was carried out in Kubu Raya Regency, West Kalimantan, involving farmer groups as key partners. The implementation methods included socialization, surveys on the availability of organic fertilizer raw materials, training on processing goat manure and catfish farming waste into solid and liquid organic fertilizers, and the application of an agroforestry system that combines annual and seasonal crops on peatlands. Data was collected through participatory observation, structured interviews, and qualitative descriptive analysis of the activity's achievements. The results show that integrating organic fertilizers with agroforestry systems can improve farmers' understanding of the importance of sustainable nutrient management in peatlands. Organic fertilizer from goat manure has relatively high nitrogen, phosphorus, and potassium content, while catfish pond water is effective as an easily applied liquid fertilizer. The combination of annual and seasonal crops in agroforestry shows a complementary relationship, both ecologically and economically. This study concludes that an agroforestry-based organic farming system on peatlands is worth developing because it has been proven to improve soil quality, increase productivity, and strengthen the competitiveness of organic agricultural products. It is recommended that farmers' capacity be strengthened through continuous training and support for organic fertilizer processing facilities.</p>

Panduan sitasi / citation guidance (APPA 7th edition) :

Azizu, M. N., Mahardika, R. Y., Prakasa Afner. D.D., Hadji, T. A., Saril, N. I., Adha, A., & Iksan, A. N. (2025). Pertanian Organik dengan Agroforestri: Strategi Pengelolaan Lahan Gambut yang Ramah Lingkungan dan Berdaya Saing. *Jurnal Abdi Insani*, 12(10), 5317-5325. <https://doi.org/10.29303/abdiinsani.v12i10.3078>

PENDAHULUAN

Sistem budidaya pada lahan gambut idealnya dikembangkan dengan prinsip keberlanjutan melalui pemanfaatan input yang mampu menjaga fungsi ekosistem sekaligus mendukung produktivitas. Kondisi ideal yang diharapkan adalah terbentuknya siklus hara tertutup, dimana limbah pertanian dan biomassa lokal diolah kembali menjadi pupuk organik sehingga kesuburan tanah tetap terjaga, emisi karbon dapat ditekan, dan produktivitas tanaman meningkat tanpa ketergantungan pada input kimia sintetis. Agroforestri menjadi salah satu strategi ruang-lahan yang diharapkan dapat mengoptimalkan fungsi ekologis dan ekonomi, karena melalui keanekaragaman vegetasi tahunan dan semusim akan tercipta ketersediaan biomassa yang konsisten untuk diolah menjadi pupuk organic (Raihan 2023). Lahan gambut bukan hanya mampu mendukung produksi pertanian secara



Open access article under the CC-BY-SA license.

Copyright © 2025, Azizu et al.,, 5318

berkelanjutan, tetapi juga menjadi benteng ekologi yang menjaga keseimbangan air, menyerap karbon dalam jumlah besar, dan berkontribusi terhadap mitigasi perubahan iklim global.

Realitas yang terjadi justru menunjukkan adanya kesenjangan yang signifikan antara harapan dengan praktik di lapangan. Sebagian besar petani di kawasan gambut, termasuk di Kabupaten Kubu Raya, masih bergantung pada pupuk anorganik dalam skala tinggi untuk mengejar produktivitas jangka pendek. Keterbatasan pemahaman teknis dan ketersediaan pupuk organik berkualitas membuat penggunaan input ramah lingkungan belum menjadi prioritas (Tjilen *et al.*, 2024). Pupuk organik yang digunakan sering kali belum matang, berbau, dan memiliki kandungan hara yang rendah sehingga respon tanaman tidak optimal (Tan & Lupascu 2021). Di sisi lain, sistem agroforestri yang berkembang masih didominasi oleh pola kebun campuran tanpa integrasi yang terencana antara produksi biomassa dan pengelolaan pupuk organik. Lahan gambut yang dikelola dengan input sintetis berlebihan mengalami penurunan fungsi hidrologis, penurunan pH tanah, dan peningkatan kerentanan terhadap kebakaran. Data BPS Kubu Raya tahun 2023 menunjukkan bahwa lebih dari 40 ribu hektar perkebunan rakyat dikelola dengan pola campuran, tetapi kontribusi biomassa tersebut belum dioptimalkan sebagai sumber pupuk organik. Kondisi ini mengindikasikan bahwa keberadaan agroforestri di kawasan gambut belum sepenuhnya menjadi motor penggerak pertanian organik yang ramah lingkungan.

Sejumlah penelitian telah membuktikan bahwa pemanfaatan pupuk organik dapat meningkatkan kapasitas simpan air Gulo *et al.*, (2024), memperbaiki struktur tanah, serta menstimulasi aktivitas mikroba tanah di ekosistem gambut (Kusumawardani *et al.*, 2024). Penelitian lain menunjukkan bahwa kombinasi biochar dan bokashi mampu menekan toksitas asam organik serta meningkatkan ketersediaan nitrogen dan fosfor pada tanah gambut masam (Dhakal *et al.*, 2025). Model agroforestri di lahan gambut juga telah terbukti efektif dalam menurunkan risiko kebakaran, meningkatkan diversifikasi pendapatan petani, dan mendukung proses restorasi hidrologi (Applegate *et al.*, 2022; Tan & Lupascu 2021). Meski demikian, kajian integrasi yang secara spesifik menekankan pada pengelolaan pupuk organik melalui sistem agroforestri di lahan gambut, khususnya di Kalimantan Barat, masih sangat terbatas. Sebagian besar penelitian berhenti pada aspek teknis pemupukan organik atau evaluasi model agroforestri secara terpisah. Belum banyak literatur yang mendemonstrasikan bagaimana pupuk organik dapat dikelola secara terintegrasi dalam sistem agroforestri untuk menjawab tantangan produktivitas, keberlanjutan ekologis, dan daya saing petani secara simultan. Kesenjangan inilah yang menjadi titik pijak kegiatan pengabdian masyarakat ini.

Kegiatan pengabdian ini menjadi penting karena menyasar aspek kritis yang belum tertangani, yaitu optimalisasi peran agroforestri sebagai penyedia biomassa pupuk organik dan pemanfaatan pupuk organik sebagai penggerak produktivitas agroforestri di lahan gambut. Pengelolaan pupuk organik berbasis agroforestri diharapkan dapat memperbaiki kondisi tanah, menjaga muka air tanah pada kedalaman konservatif, serta mengurangi ketergantungan petani terhadap pupuk sintetis yang mahal dan berdampak negatif terhadap ekosistem. Melalui pendekatan partisipatif, kegiatan ini ditujukan untuk membangun kapasitas petani dalam memproduksi pupuk organik berkualitas, mengintegrasikan hasilnya dalam sistem agroforestri gambut, serta menumbuhkan rantai nilai yang meningkatkan daya saing produk pertanian berkelanjutan dari Kabupaten Kubu Raya. Tujuan utama kegiatan ini adalah menghasilkan model integrasi pertanian organik agroforestri yang tidak hanya adaptif terhadap kondisi biofisik lahan gambut, tetapi juga relevan dengan kebutuhan ekonomi petani dan kebijakan restorasi ekosistem.

METODE KEGIATAN

Lokasi dan Waktu

Kegiatan pengabdian dilaksanakan di Desa Sungai Rasau 2, Kabupaten Kubu Raya, Kalimantan Barat. Desa ini dipilih karena memiliki luas lahan gambut yang signifikan dan sebagian besar masyarakat menggantungkan hidup pada sektor pertanian lahan gambut dengan pola kebun



Open access article under the CC-BY-SA license.

Copy right © 2025, Azizu *et al.*, 5319

campuran tanaman tahunan (kelapa, alpukat dan jambu) dengan tanaman semusim Hortikultura (nenes, melon, cabe) dan Agronomi (jagung). Lokasi tersebut juga menjadi representasi kondisi agroforestri rakyat di Kubu Raya yang biomassa organiknya berpotensi besar untuk diolah menjadi pupuk organik. Diskusi meliputi kesepakatan tanggal pelaksanaan, dan durasi kegiatan yang harus mempertimbangkan waktu kerja petani. Saat ini petani di desa tersebut sedang mempersiapkan lahan untuk musim tanam jagung, cabe dan kelapa. Berdasarkan kesepakatan antara tim dengan ketua kelompok tani dan stafnya, kegiatan pengabdian masyarakat dilaksanakan hari Sabtu, 19 Juli 2025 di kebun salah satu anggota kelompok tani.

Kelompok Sasaran

Kelompok sasaran adalah petani anggota Kelompok Tani Hutan (KTH) dan Gapoktan yang mengelola lahan gambut seluas 2–5 hektar dengan sistem kebun campuran. Total peserta kegiatan berjumlah 35 orang petani, terdiri dari 25 petani laki-laki dan 10 petani perempuan. Pemilihan sasaran ini berdasarkan pertimbangan bahwa kelompok tersebut memiliki peran strategis dalam mengembangkan pupuk organik berbasis biomassa lokal serta mampu menjadi agen diseminasi teknologi ke petani lain di wilayah Kubu Raya.

Tahapan pelaksanaan

Tahapan pelaksanaan kegiatan dilakukan dengan pendekatan partisipatif agar petani terlibat langsung dalam setiap tahapan. Adapun metode yang digunakan antara lain:

1. Observasi Lapangan

Dilakukan untuk memetakan kondisi lahan gambut, ketersediaan biomassa organik, serta pola tanam agroforestri yang telah berjalan.

2. Wawancara Semi-Terstruktur

Digunakan untuk menggali pengetahuan lokal, persepsi petani tentang pupuk organik, dan tantangan yang dihadapi dalam pengelolaan lahan gambut.

3. Diskusi Kelompok Terfokus (FGD)

Secara garis besar materi diskusi dan praktik yang diberikan meliputi 4 topik, yaitu perkenalan pupuk organik, agroforestri dilahan gambut, integrasi pupuk organik dengan agroforestri dilahan gambut dan survey ketersediaan bahan pupuk organik.

4. Dokumentasi

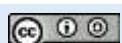
Meliputi pencatatan visual (foto dan video).

5. Evaluasi

Evaluasi kegiatan pengabdian masyarakat di Desa Kuala Dua akan dilaksanakan satu bulan setelah kegiatan, untuk menilai dampak dan efektivitas program yang telah dilakukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan pengabdian masyarakat dilaksanakan pada hari Sabtu, 19 Juli 2025 bertempat di Desa Kuala Dua. Pelaksanaan dimulai jam 10.00 berakhir jam 14.00, diikuti oleh 25 petani dan semua perangkat kelompok tani. Dosen yang terlibat 7 orang dari prodi ilmu tanah, peternakan, manajemen sumberdaya perairan dan agribisnis. Lokasi dan kelompok sasaran sesuai dengan hasil kesepakatan yaitu KPH Kubu Raya (Gambar 1)





Gambar 1. KPH Wilayah Kubu Raya

Kegiatan dimulai dengan sesi perkenalan mengenai prinsip dasar pupuk organik kepada peserta. Penyampaian materi menekankan aspek fungsi agronomis, ekologi, dan ekonomi dari pupuk organik. Dari sisi agronomis, pupuk organik dijelaskan mampu meningkatkan kandungan bahan organik tanah, memperbaiki sifat fisik gambut seperti kapasitas simpan air, serta meningkatkan ketersediaan unsur hara makro dan mikro. Dari sisi ekologi, pupuk organik berperan penting dalam menurunkan emisi gas rumah kaca melalui stabilisasi karbon organik dan pengurangan residu kimia sintetis. Dari sisi ekonomi, pemanfaatan pupuk organik mengurangi ketergantungan petani pada pupuk kimia yang harganya fluktuatif, sekaligus membuka peluang usaha melalui produksi pupuk organik skala kelompok.

Hasil diskusi menunjukkan bahwa sebagian besar peserta baru mengetahui secara detail manfaat pupuk organik setelah kegiatan berlangsung. Sebelumnya, penggunaan pupuk organik di tingkat petani sebatas pupuk kandang yang belum difermentasi, dengan kualitas yang tidak seragam. Pengetahuan baru ini menegaskan pentingnya pendampingan untuk meningkatkan keterampilan teknis dalam proses fermentasi, pengomposan, dan produksi pupuk organik cair. Tantangan utama pemanfaatan pupuk organik di tingkat petani adalah keterbatasan pengetahuan teknis serta kualitas produk yang bervariasi (Amalina *et al.*, 2022).

Agroforestri sebagai sistem pengelolaan lahan yang mengombinasikan pohon tahunan, tanaman semusim, dan terkadang ternak dalam satu kesatuan lahan. Pada lahan gambut, agroforestri memiliki fungsi ganda: pertama, menjaga kelembapan tanah dan kestabilan muka air tanah melalui perakaran dalam tanaman tahunan; kedua, menyediakan sumber biomassa organik yang berlimpah berupa serasah daun, ranting, dan limbah panen; ketiga, meningkatkan diversifikasi pendapatan rumah tangga petani. Dari hasil observasi lapangan, pola agroforestri di lokasi mitra masih sederhana berupa kebun campuran kelapa (Gambar 2), alpukat, pinang, dan beberapa tanaman hortikultura seperti nenas, jambu dan melon. Biomassa dari sistem ini berpotensi besar untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pupuk organik, namun sebelumnya tidak pernah dikelola secara sistematis. Hal ini selaras dengan penelitian Applegate *et al.*, (2022) bahwa meskipun agroforestri di lahan gambut telah meluas di Kalimantan Barat, perannya dalam siklus hara masih terbatas karena biomassa sering dianggap sebagai limbah. Dengan demikian, kegiatan pengabdian ini menjembatani gap tersebut dengan menjadikan agroforestri sebagai penyedia bahan dasar pupuk organik.



Gambar 2. Proses penanaman tanaman kelapa sebagai tanaman tahunan

Integrasi ini menghasilkan siklus positif: biomassa agroforestri dimanfaatkan menjadi pupuk organik, pupuk organik kemudian memperbaiki kondisi tanah gambut sehingga mendukung pertumbuhan pohon tahunan dan tanaman semusim dalam sistem agroforestri. Dengan demikian, pupuk organik tidak hanya menjadi input, tetapi juga katalis bagi keberlanjutan agroforestri gambut. Hasil ini konsisten dengan penelitian Dhakal *et al.*, (2025) yang menunjukkan efektivitas kombinasi bokashi dan biochar dalam meningkatkan ketersediaan hara, serta penelitian Kusumawardani *et al.*, (2024) yang menegaskan bahwa biochar TKKS memperbaiki pH dan stabilitas tanah gambut.



Gambar 3. Kondisi agroforestri tanaman jeruk dengan kopi dan tanaman nangka dengan jagung

Penting untuk diketahui bahwa pemilihan tanaman kombinasi menjadi salah satu faktor utama keberhasilan dari sistem agroforestri. Hasil observasi di lokasi pengabdian terlihat beberapa petani memadukan antara tanaman nangka sebagai tanaman tahunan dengan tanaman jagung sebagai tanaman semusim. Selain itu ada beberapa petani yang memadukan tanaman kopi dengan tanaman jeruk (Gambar 3). Kedua tanaman ini merupakan tanaman tahunan yang memiliki umur produktif yang sama yaitu 25 tahun. Perbedaan kebutuhan iklim mikro dan cahaya juga menjadi faktor pembatas dari kedua tanaman tersebut. Salah satu akan dirugikan: kopi terlalu terpapar cahaya jika jeruk dipangkas, atau jeruk kekurangan cahaya bila tajuk kopi/naungan lain menutupinya. Kondisi iklim mikro menyebabkan kerentanan serangan hama dan penyakit. Tanaman jeruk rentan terhadap penyakit jamur akar (*Phytophthora spp.*), CVPD (Citrus Vein Phloem Degeneration), dan serangan kutu putih, sedangkan tanaman kopi rentan terhadap karat daun kopi (*Hemileia vastatrix*), nematoda akar, dan jamur akar (Lodi *et al.*, 2023). Tanaman dengan kebutuhan lingkungan berbeda namun dipaksa dalam satu lahan dapat meningkatkan lingkungan mikro yang tidak stabil, sehingga memperparah kerentanan penyakit (Budiman *et al.*, 2020). Misalnya, kelembapan tinggi yang baik untuk kopi justru

mempercepat infeksi *Phytophthora* pada jeruk. Selain itu terjadi kompetisi hara dengan jarak tanam yang sempit, namun apabila menggunakan jarak tanam yang sesuai ketentuan yaitu 3x3 m maka populasi tanaman akan sedikit.

Hubungan antara tanaman tahunan dan semusim dalam agroforestri bersifat saling melengkapi:

Tahunan → penyedia biomassa, naungan, stabilisasi air tanah.

Semusim → sumber pendapatan cepat, penutup tanah, dan penambat nitrogen (legum).

Keduanya → diikat oleh siklus pupuk organik yang memperkuat kesuburan tanah gambut dan daya saing sistem pertanian.

Para petani setempat juga memanfaatkan lahan sebagai lokasi untuk beternak seperti ternak kambing dan ternak ikan lele. Kotoran dari hasil ternak kambing dan lele baik padat maupun cair dapat dimanfaatkan menjadi sumber pupuk organik (Gambar 4). Data ini bisa menjadi acuan dalam pertemuan selanjutnya untuk membahas pembuatan pupuk organik di lokasi penelitian dengan memperhatikan ketersediaan bahan. Kegiatan pengabdian juga menekankan pentingnya integrasi sektor peternakan dan perikanan dalam menunjang keberlanjutan agroforestry (Tabel 1).



Gambar 4. Kandang ternak kambing dan kolam budidaya ikan lele dilahan gambut

Tabel 1. Kadar N, P dan K pada beberapa sumber pupuk organic (Isnainy *et al.*, 2025).

Sumber Pupuk Organik	Bentuk	N (%)	P2O5 (%)	K2O (%)	Karakteristik Utama
Kotoran kambing	Padat	2,0–3,0	1,0–1,5	2,0–2,5	Tekstur remah, dekomposisi cepat, kaya bahan organik stabil, meningkatkan pH tanah gambut
Urine kambing fermentasi	Cair	1,5–2,0	0,3–0,5	1,0–1,2	Cepat diserap tanaman, efektif sebagai pupuk daun, mengandung mikroba bermanfaat
Air kolam lele (limbah budidaya)	Cair	0,5–1,0	0,2–0,4	0,5–0,8	Mengandung bahan organik terlarut, kaya N hasil metabolisme ikan, mudah diaplikasikan ke tanaman hortikultura

Peternakan kambing dipilih karena kotoran kambing memiliki kandungan nitrogen yang relatif tinggi (sekitar 2-3%), tekstur kotoran yang lebih remah sehingga cepat terdekomposisi, serta menghasilkan pupuk kandang yang efektif meningkatkan kesuburan tanah gambut. Selain itu, urine kambing yang fermentasi dapat diolah menjadi pupuk organik cair dengan kandungan N, P, dan K yang cukup untuk mendukung pertumbuhan tanaman hortikultura (Ario and Kartono 2019).



Sementara itu, budidaya ikan lele juga diperkenalkan sebagai sumber input organik melalui sistem pemanfaatan air kolam. Air sisa pemeliharaan lele kaya akan nitrogen, fosfor, dan bahan organik terlarut dari sisa pakan serta metabolit ikan. Air kolam tersebut dapat dimanfaatkan sebagai pupuk cair untuk penyiraman tanaman sela dalam agroforestry (Putra & Rai 2022). Penggunaan limbah perikanan ini terbukti meningkatkan pertumbuhan vegetatif tanaman dan menekan kebutuhan pupuk kimia, sesuai dengan laporan Amalina *et al.*, (2022) bahwa pemanfaatan limbah organik cair dari sektor perikanan dapat meningkatkan kualitas pupuk organik berbasis lokal.

Integrasi kambing dan lele tidak hanya meningkatkan ketersediaan pupuk organik, tetapi juga menambah diversifikasi pendapatan petani. Hasil penjualan daging kambing, susu, maupun ikan lele memberikan keuntungan tambahan, sementara limbah organiknya menjadi input murah bagi lahan agroforestri. Dengan demikian, sistem ini menciptakan siklus agro-silvo-pastura-ikan yang memperkuat keberlanjutan pertanian organik di lahan gambut.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Pemerintah Desa Sungai Rasau 2, Kabupaten Kubu Raya, Kalimantan Barat, atas dukungan dan izin yang diberikan dalam pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat. Apresiasi yang tinggi juga diberikan kepada Ketua dan anggota Kelompok Tani Hutan (KTH) serta Gabungan Kelompok Tani (Gapoktan) Desa Sungai Rasau 2 atas partisipasi aktif dan kerja sama selama kegiatan berlangsung. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada seluruh petani peserta kegiatan yang telah meluangkan waktu di tengah persiapan musim tanam untuk berkontribusi dalam kegiatan yang dilaksanakan. Dukungan dan kolaborasi semua pihak sangat berperan dalam keberhasilan pelaksanaan kegiatan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Amalina, F., Abd Razak, A. S., Krishnan, S., Sulaiman, H., Zularisam, A. W., & Nasrullah, M. (2022). Biochar production techniques utilizing biomass waste-derived materials and environmental applications – A review. *Journal of Hazardous Materials Advances*, 7, 100134. <https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2022.100134>
- Applegate, G., Freeman, B., Tular, B., Sitadevi, L., & Jessup, T. C. (2022). Application of agroforestry business models to tropical peatland restoration. *Ambio*, 51(4), 863–874. <https://doi.org/10.1007/s13280-021-01595-x>
- Ario, A., & Kartono, A. P. (2019). Pre-release assessment of Javan gibbon (*Hylobates moloch*) during acclimatization phase in Mount Malabar protected forest, West Java. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(2), 189–196. <https://doi.org/10.14710/jil.17.2.189-196>
- Budiman, I., Bastoni, E. N. S., Hadi, E. E., Asmaliyah, H., Siahaan, H., Januar, R., & Hapsari, R. D. (2020). Progress of paludiculture projects in supporting peatland ecosystem restoration in Indonesia. *Global Ecology and Conservation*, 23, e01084. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01084>
- Dhakal, G., Fujino, T., Thapa Magar, S., & Araki, Y. (2025). Co-application of bokashi and biochar alleviates water stress, improves soil fertility and enhances wheat production under water-deficit conditions. *Soil Systems*, 9(2), 33. <https://doi.org/10.3390/soilsystems9020033>
- Gulo, N. O., Lase, S. W. A., Laoli, D. S. T., Gulo, M., & Lase, N. K. (2024). Pemanfaatan lahan dengan sistem pengolahan yang baik dan penggunaan pupuk organik untuk menerapkan sistem pertanian berkelanjutan. *Jurnal Ilmu Pertanian dan Perikanan*, 1(2), 30–39. <https://doi.org/10.70134/penarik.v1i2.178>
- Isnainy, D. R., Asnur, P., Istiqlal, M. R. A., & Kalsum, U. (2025). The application of liquid organic fertilizer increasing the productivity of pakchoy plants (*Brassica rapa L.*) in soil with low nutrient content. *Jurnal Biologi Tropis*, 25(2), 2029–2039. <https://doi.org/10.29303/jbt.v25i2.8972>
- Kusumawardani, P. N., Maftu'ah, E., Noor, M., Masganti, Wakhid, N., Nurhayati, Sulaeman, Y., & Karolinoerita, V. (2024). Empty fruit bunch oil palm ash and biochar improved peat soil



- properties, NPK status on leaves, and the growth of immature oil palm plantations (W. M. Abd El Rahim, Ed.). *Applied and Environmental Soil Science*, 2024(1), 1133527. <https://doi.org/10.1155/aess/1133527>
- Lodi, R. S., Peng, C., Dong, X., Deng, P., & Peng, L. (2023). *Trichoderma hamatum* and its benefits. *Journal of Fungi*, 9(10), 994. <https://doi.org/10.3390/jof9100994>
- Putra, I. G. K. P., & Rai, I. N. (2022). Aplikasi plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) dan limbah air kolam lele dengan sistem irigasi tetes terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman pakcoy (*Brassica rapa* L.). *Agrotrop: Journal on Agriculture Science*, 12(2), 175–185. <https://doi.org/10.24843/AJoAS.2022.v12.i02.p01>
- Raihan, A. (2023). A review of agroforestry as a sustainable and resilient agriculture. *Journal of Agriculture Sustainability and Environment*, 2(1), 49–72. <https://doi.org/10.56556/jase.v2i1.799>
- Tan, Z. D., & Lupascu, M. (2021). Paludiculture as a sustainable land use alternative for tropical peatlands: A review. *Science of The Total Environment*, 753, 142111. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142111>
- Tjilen, A. P., Simatupang, D. O., Tambaip, B., & Riyanto, P. (2024). Pemanfaatan sumber daya lokal untuk pembuatan pupuk organik: Solusi berkelanjutan bagi petani dan masyarakat. *IKHLAS: Jurnal Pengabdian Dosen dan Mahasiswa*, 3(3), 1–8. <https://doi.org/10.58707/ikhlas.v3i3.1007>.

